

Получение и свойства мультиферроика 0.5BFO–0.5PFN

К.М. Жидель¹, А.В. Павленко^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, 344090 Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: karinagidele@gmail.com

²Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской Академии Наук, 344006 Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время мультиферроики, демонстрирующие в широком диапазоне температур одновременно сегнетоэлектрические, ферро- и антиферромагнитные свойства, представляют огромный интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. Тонкие пленки на основе мультиферроидных материалов широко используются в нанoeлектронике, сенсорных системах и телекоммуникации. Одним из таких материалов является твердый раствор $0.5\text{BiFeO}_3\text{-}0.5\text{PbFe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ (0.5BFO-0.5PFN). В данной работе мы представили результаты исследований структуры и свойств поликристаллических пленок высокотемпературного мультиферроика $0.5\text{BiFeO}_3\text{-}0.5\text{PbFe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$.

Многослойные пленки были выращены методом ВЧ-катодного распыления мишени состава 0.5BFO-0.5PFN в атмосфере кислорода при давлении ~ 0.5 Тр на подложках Si *p*-типа ориентации (001), на которые предварительно был осажден слой SrTiO_3 . Напыление дополнительного слоя титаната стронция необходимо для предотвращения влияния примесной фазы пироклора на функциональные слои структуры. Структурное совершенство пленок, периоды элементарной ячейки в направлении нормали к плоскости подложки, а также ориентационные соотношения между пленкой и подложкой устанавливались методом рентгеновской дифракции на «ДРОН-4-07» ($\theta/2\theta$, $\text{CuK}\alpha$ - излучение). Эллипсометрические параметры измерялись с помощью спектрального комплекса (ЭЛЛИПС-1991) на основе статической измерительной схемы в диапазоне длин волн 350–1000 нм. Диэлектрические измерения пленочных структур (зависимости $\epsilon(U)$) осуществлялись с помощью анализатора TF Analyzer 2000, снабженного модулем «FE». Измерения относительной комплексной диэлектрической проницаемости $\epsilon^*/\epsilon_0 = \epsilon'/\epsilon_0 - i\epsilon''/\epsilon_0$ производили на автоматическом измерительном стенде на базе LCR-метра Agilent E4980A и терморегулятора Варта ТП703.

Установлено, что полученные пленки являются однофазными, поликристаллическими с текстурой в направлении 001. Периоды элементарной ячейки в тетрагональном приближении составили $c = 4.005 \pm 0.001$ Å; $a = 3.995 \pm 0.001$ Å. Посторонних фаз не обнаружено. В высокотемпературной области спецификой зависимостей $\epsilon'/\epsilon_0(T, f)$ является наличие двух частотно-зависимых максимумов. Первый максимум $\epsilon'/\epsilon_0(T, f)$ и предшествующий ему максимум $\epsilon''/\epsilon_0(T, f)$ являются типичными для релаксоров. Характерной особенностью зависимостей $\epsilon''/\epsilon_0(T)$ является быстрый рост ϵ''/ϵ_0 при температурах, повышающихся по мере увеличения f . Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что имеющие место аномалии $\epsilon'/\epsilon_0(T, f)$ и $\epsilon''/\epsilon_0(T, f)$ при $T = 100\text{--}250$ °С связаны с фазовым переходом сегнетоэлектрик–релаксор \rightarrow параэлектрик. Подобранная оптическая модель гетероструктуры 0.5BFO-0.5PFN/ $\text{SrTiO}_3/\text{Si}(001)$ позволила добиться хорошего совпадения с экспериментальными данными по спектральным характеристикам ψ и Δ , и определить оптические параметры слоев.

Использовано оборудование ЦКП «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)».

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности, научный проект № (0852-2020-0032)/(БА30110/20-3-07ИФ)).